

**А. О. Верещагин\*, Н. В. Обабков, М. А. Машковцев**

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

\*vereshchagin.A.O@yandex.ru,

## **ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОГРАНУЛИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ СОСТАВА $ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2$ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГИДРОКСИДНЫХ ОСАДКОВ**

В данной работе были проведены исследования по получению порошков  $ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2$  регулируемого гранулометрического состава. Установлено, что более низкая температура заморозки способствует образованию более мелкодисперсных порошков. Определены оптимальные условия замораживания гидроксидных осадков для получения порошков фракции 10–100 мкм: температура заморозки  $-25^\circ C$ .

*Ключевые слова:* гидроксиды, оксид циркония, оксид иттрия, оксид церия, плазменное напыление, заморозка.

**A. O. Vereshchagin, N. V. Obabkov, M. A. Mashkovtsev**

## **PREPARATION OF MICROGRANULATED POWDERS OF THE $ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2$ COMPOSITION BY THE METHOD OF FREEZING HYDROXIDE PRECIPITATES**

In this work, studies have been carried out on the preparation of  $ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2$  powders with a controlled granulometric composition. It was found that a lower freezing temperature promotes the formation of finer dispersed powders. The optimal conditions for freezing hydroxide precipitates to obtain powders of the 10–100  $\mu m$  fraction were determined: freezing temperature of  $-25^\circ C$ .

*Key words:* hydroxides, zirconium oxide, yttrium oxide, cerium oxide, plasma deposition, freezing.

**В** настоящее время широкое распространение получили порошки для плазменного напыления покрытий на основе диоксида циркония, содержащие помимо оксида иттрия оксид церия [1–3]. Использование таких порошков позволяет получать термобарьерные покрытия с улучшенными характеристиками: с более высокой стойкостью к высокотемпературной коррозии на воздухе в присутствии серы,

хлора и натрия в условиях термоциклирования. Частичная замена в порошках оксида иттрия оксидом церия также приводит к снижению себестоимости материалов.

Порошки, применяемые в методе плазменного напыления, должны соответствовать специфическим требованиям: соотношение фаз 94 % моноклинной и 6 % тетрагональной; размер частиц порошка (от 10 до 100 мкм). Ввиду этого актуальной является задача поиска методов синтеза порошков определенного гранулометрического состава.

В работе были проведены исследования по получению порошков  $\text{ZrO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3\text{—CeO}_2$  регулируемого гранулометрического состава при помощи метода замораживания гидроксидных осадков.

Для приготовления гидроксидов подготовленный общий раствор нитратов циркония, иттрия и церия осаждали раствором аммиака. Полученный осадок гидроксидов репульпировали в дистиллированной воде с последующей фильтрацией. Промытую смесь гидроксидов замораживали в течение 24 часов. После оттаивания и фильтрации осадок сушили при температуре 100–120 °С в течение 6–8 часов и обжигали при температуре 900 °С в течение 1 часа.

Гранулометрический состав образцов определяли методом ситового анализа.

В процессе замораживания в объеме осадка образуется большое количество гетерофазных зародышей льда. С уменьшением температуры заморозки происходит уменьшение критического размера зародышей. В результате большее количество частиц достигнет критического размера и увеличивается, образуя мелкозернистую структуру.

Результаты гранулометрического анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Влияние температуры замораживания гидроксидов на крупность получаемых порошков оксида  $\text{ZrO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3\text{—CeO}_2$**

Порошковая фракция, мкм	Выход фракции (%)						
	при температуре замораживания гидроксида, °С						
	–10	–15	–25	–35	–45	–55	–65
0...10	1	2	5	9	14	19	22
10–50	27	34	47	81	68	80	78
50–80	29	27	46	8	18	1	—
80...120	19	21	2	2	—	—	—
120...160	13	9	—	—	—	—	—
>160	11	7	—	—	—	—	—

По результатам гранулометрического анализа установлено, что понижение температуры заморозки способствует уменьшению размеров фракции получаемых порошков. Также было определено, что оптимальная температура заморозки для получения порошков фракции 10–100 мкм –25 °С.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии № 14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы».*

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Oliveira A. P., Torem M. L. Influence of some precipitation variables on thermal behavior of  $\text{ZrO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3$  and  $\text{ZrO}_2\text{--CeO}_2$  precipitated gels // Journal of Materials Science 2000. V. 35, № 3. P. 667–672.
- 2 Lee D. B., Lee C. High-temperature oxidation of  $\text{NiCrAlY}/(\text{ZrO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3$  and  $\text{ZrO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3\text{--CeO}_2)$  composite coatings // Surface & Coatings Technology. 2005. № 193. P. 239–242.
- 3 Processing, Microstructure and Mechanical Properties of Air Plasma-Sprayed Ceria-Yttria co-stabilized Zirconia Coatings / M. Alfano [и др.] // Strain. 2010. V. 46, № 5. P. 409–418.